

# PUENTES ENTRE LA ARGUMENTACIÓN Y LA MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Agustín Adúriz-Bravo

*Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto CeFIEC.*

aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

**RESUMEN:** Este trabajo reporta reflexiones basadas en resultados de una revisión de literatura en torno a la argumentación científica escolar. Se caracteriza la “mirada epistémica” que la didáctica de las ciencias puede establecer sobre la competencia argumentativa, apoyada en referencias de la filosofía y la historia de la ciencia. Luego se conecta la argumentación, en tanto que habilidad cognitivo-lingüística, con la línea de investigación sobre el uso de modelos en la enseñanza de las ciencias. El propósito es fundamentar propuestas para el diseño de unidades didácticas de ciencias en donde aparezca la argumentación y la modelización integradas.

**PALABRAS CLAVE:** argumentación científica escolar, mirada epistémica, modelización científica escolar, unidades didácticas.

**OBJETIVOS:** Los objetivos de este trabajo de reflexión teórica y revisión bibliográfica son:

1. Definir una “mirada epistémica” sobre la argumentación que estudie la participación de esta competencia en la producción del conocimiento científico.
2. Conectar el interés por la competencia argumentativa con la línea de investigación e innovación didáctica que sugiere el uso de los modelos y la modelización en la enseñanza de las ciencias.
3. Discutir sobre el diseño de unidades didácticas de ciencias para los distintos niveles educativos en donde se integren la argumentación y la modelización.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo me apoyo en las siguientes tesis de partida:

1. Son necesarias algunas disquisiciones teóricas para definir el *abordaje de aula* específico que adoptamos cuando trabajamos con la argumentación científica escolar.
2. Resulta interesante hibridar la línea de trabajo sobre argumentación, que hoy día se encuentra muy activa, con la de modelización científica escolar, dado que ambas líneas están conectadas a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (es decir, de algunos contenidos metacientíficos sobre qué es la ciencia y cómo se elabora).

## **Enseñanza de las ciencias basada en argumentación y modelización**

En muchas unidades didácticas renovadoras se combinan dos abordajes potentes: la argumentación y la modelización. Podemos hacernos la pregunta de si en tales unidades se da una coexistencia “casual” de esas dos competencias científicas escolares, o si es posible reconocer una correlación más sustantiva entre ellas. Para comenzar a contestar esta pregunta, encuentro necesario acometer un “análisis epistémico” de la argumentación en la enseñanza de las ciencias, estructurado en torno a la identificación de “puentes” teóricos entre argumentar y modelizar y hecho a partir de una revisión de la literatura disponible.

## **RESULTADOS**

### **Puente 1: La didáctica de las ciencias se vuelca a la argumentación y la modelización por razones epistemológicas**

En mi opinión, los desarrollos recientes de la filosofía e historia de la ciencia motorizan la puesta en valor de argumentos y modelos en la enseñanza de las ciencias. El interés de la didáctica de las ciencias por la argumentación científica devendría de un “giro argumentativo” en el cual la mirada metacientífica constituye un ingrediente clave (Adúriz-Bravo, 2014). A los primeros trabajos sobre el discurso en el aula de ciencias, en la línea de investigación “hablar y escribir ciencias” (Sanmartí, 2003), se sumaron, por una parte, la aparición de estudios cognitivos que postularon el carácter argumentativo de la actividad científica y, por otra, creciente consenso en torno a que la argumentación constituye una competencia científica crucial para la educación de la ciudadanía (Jiménez-Aleixandre, 2010). Todo ello llevó a la didáctica de las ciencias a volver la mirada hacia el corpus de estudios metateóricos sobre el lenguaje de la ciencia.

Similar análisis cabe hacer para historizar el interés de los didactas de las ciencias por los modelos y la modelización: a partir de la introducción de los “modelos mentales” en el programa de trabajo de ideas previas y cambio conceptual en los años ’80, se fue gestando la propuesta de una enseñanza de las ciencias “basada en modelos” (Justi, 2006), que quedó fecundada cuando, desde nuestra disciplina, fuimos a buscar en la filosofía de la ciencia semanticista del último cuarto del siglo XX nuevas conceptualizaciones sobre el constructo de modelo (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003).

### **Puente 2: Las razones que se esgrimen para argumentar tendrían los modelos como hilo conductor**

Las tres razones clásicas de la literatura especializada para justificar la importancia de la argumentación en la enseñanza de las ciencias podrían “soldarse” si se usa la estrategia de modelización como eje. Por una parte, se ha señalado que el aprendizaje de las ciencias significativo y crítico requiere de la argumentación, pues

aprender a argumentar es visto como proceso central [...] para aprender a pensar y a construir nuevas comprensiones[, dado que] comprender por qué algunas ideas son incorrectas importa tanto como comprender por qué otras ideas pueden ser correctas. (Osborne, 2010: 464; mi traducción)

Este “argumento en favor de argumentar” rescata el valor epistémico de la argumentación: su participación en los procesos de construcción de conocimiento científico sobre el mundo. Y tal cono-

cimiento, como muestra la reflexión metacientífica posterior a la Segunda Guerra Mundial, es de carácter “modeloteórico” (Giere, 1992).

En segundo lugar, se ha considerado que, en una enseñanza de las ciencias que apunta a la educación ciudadana, el estudiantado necesita involucrarse en prácticas argumentativas para hacer frente a la toma de decisiones y participar en debates sociocientíficos similares a los de la vida adulta. Así, resultaría indispensable equipar al estudiantado con capacidades para el razonamiento sobre problemas y cuestiones (Jiménez Aleixandre, 2010).

Por último, dado que los científicos evalúan argumentos durante su práctica, una ciencia escolar estructurada en torno a la argumentación forma *en* y *sobre* la naturaleza de la ciencia. Vale decir, una enseñanza de las ciencias argumentativa da “mensajes” explícitos acerca de tal práctica, permitiendo entenderla y valorarla críticamente.

### **Puente 3: La “arquitectura” de un argumento puede garantizarse desde un modelo**

El uso de un modelo para estructurar un argumento científico permitiría vigilar la calidad “lógica” del ascenso de datos a conclusiones. Una definición “sensu lato” de lo que comporta argumentar, como “[l]legar a conclusiones sobre un tema a través de un proceso de razonamiento lógico que incluye debate y persuasión” (Khine, 2012: s/p; mi traducción), destaca que es esencial la correcta arquitectura formal del producto argumentativo.

Entre la variedad de perspectivas teóricas con las que se estudia hoy la argumentación, se cuentan al menos tres que, según Christian Plantin (2014), tienen mucho que ver con un análisis estructural de los argumentos: la *lógica sustantiva* de Toulmin, la *lógica informal* de Walton y la *lógica natural* de Grize. Si uno revisa los marcos teóricos disponibles, y en especial aquellos que hacen énfasis en los aspectos lógicos de la argumentación, ve que ellos reconocen “elementos constituyentes” de presencia obligada: que argumentar implica apoyar una afirmación en otros elementos con una variedad de opciones de entre las que se elige la más pertinente y desplegar estrategias para convencer a los receptores del argumento de que la opción favorecida es apropiada (Adúriz-Bravo, 2014).

Por tanto, la perspectiva de la modelización nos permitiría reconocer en la argumentación la existencia de un uso social muy elaborado de las pruebas para fundamentar nuestras comprensiones del mundo natural (los *modelos científicos*) y para convencer a otros de que esas comprensiones son plausibles y fructíferas.

### **Puente 4: Argumentación y modelización son aspectos clave de la naturaleza de la ciencia**

Tomemos una definición “sensu stricto” de argumentación establecida en nuestra comunidad académica:

La argumentación es una actividad social, intelectual y verbal que sirve para justificar o refutar una opinión, y que consiste en hacer declaraciones teniendo en cuenta al receptor y la finalidad con la cual se emiten. Para argumentar hace falta elegir entre diferentes opciones o explicaciones y razonar los criterios que permiten evaluar como más adecuada la opción elegida. (Sanmartí, 2003: 123; mi traducción)

En esta definición aparecen componentes que han de ser balanceados: un “acto de habla” socialmente situado, la audiencia a la que está dirigido, el propósito de convencer del emisor, y el “razonamiento” del modelo propuesto. Anton Lawson, desmarcándose de las ideas “filotoulminianas” prevalentes en la didáctica de las ciencias, prefiere seleccionar como rol principal de la argumentación

no el de convencer a otros del propio punto de vista (aunque ciertamente esa es parte de la historia), sino más bien el de descubrir cuál de varias posibles explicaciones para una observación intrigante en particular debería ser aceptada y cuál debería ser rechazada. (Lawson, 2009: 337; mi traducción)

Si adoptamos esta postura, podemos hablar entonces de una “naturaleza argumentativa de la ciencia”, considerando la argumentación como una de las prácticas epistémicas centrales de la ciencia. Esa práctica se desarrollaría al interior de comunidades de conocimiento con sus propias reglas y valores, y su propósito sería el de construir significados sobre el mundo natural mediante el uso de modelos.

## DISCUSIÓN

Para aplicar las ideas anteriores discuto una unidad didáctica que conjuga las estrategias de argumentación y modelización. En los años '80, el bioquímico David Dolphin plantea, intentando dar una explicación científica a un mito, la tesis de que los vampiros efectivamente existieron, pero que no eran seres sobrenaturales que se alimentaban de sangre humana, sino pacientes de una rara enfermedad de la sangre, la porfiria eritropoyética congénita, o *mal de Günther*. Con base en esta tesis he diseñado una unidad didáctica, dirigida a profesores de ciencias en formación, que pretende enseñar una idea clave de la naturaleza de la ciencia: la “carga teórica de la observación”.

La actividad en torno a los vampiros requiere que el profesorado despliegue las competencias argumentativa y modelizadora. El “modelo de paciente porfírico” da cuenta de muchos “signos” de los vampiros clásicos como Drácula: la palidez, los dientes largos y afilados, los pelos en partes del cuerpo inusuales, la aversión al ajo o los hábitos nocturnos. En particular, el modelo postulado por Dolphin permite explicar el hecho de que los vampiros, según la tradición oral, son gente proveniente de la nobleza de Europa del Este. La explicación se realiza mediante el siguiente argumento: habida cuenta de que el mal de Günther es un trastorno de tipo autosómico recesivo, cabe esperar una condición particular para que se dé el aumento de casos de la enfermedad: el matrimonio entre parientes consanguíneos. Tal práctica se daría con más frecuencia en familias nobles y en regiones montañosas aisladas, como los Cárpatos.

El modelo de Dolphin (de carácter hipotético, dada su finalidad de señalar para el público características del pensamiento científico sin pretensión de ingresar al cuerpo de la ciencia) permite generar una explicación que “cubre”, entre otros hechos, el de la nacionalidad y el rango de los vampiros. Pero el modelo a su vez queda fuertemente apoyado por ese hecho, que le sirve de “evidencia” para construir un argumento que fortalece grandemente su plausibilidad para la audiencia.

El ejemplo pretende mostrar cómo argumento y modelo se potencian de forma de otorgar significatividad a la unidad didáctica.

## PARA CONCLUIR

Siguiendo los “puentes” me interesa destacar los aspectos *explicativos* y *teóricos* de la argumentación científica para “hacerlos vivir” en la ciencia escolar. Los argumentos proponen una manera de ver el mundo (una “mirada teórica”); por tanto, por definición ponen en acción un modelo como mapa de mundo. Así, podemos considerar que los argumentos científicos exponen las razones de la pertinencia de un modelo para explicar un fenómeno.

Si consideramos que la argumentación científica es “el proceso de evaluación crítica del tal modelo [...] en relación con modelos alternativos” (Böttcher y Meisert, 2011: 103; la traducción es mía), la llamada “concepción semántica de las teorías científicas” (representada en los trabajos de Ronald Giere,

Frederick Suppe, Bas van Fraassen, del último cuarto del siglo XX) nos puede dar fundamentos teóricos para la argumentación científica escolar.

Al entender que los argumentos de las ciencias están basados en modelos teóricos, se abre la posibilidad de reconstruirlos utilizando explícitamente los lazos “si... entonces”, característicos de la modelización: *Si tengo razón en que este hecho se subsume en este modelo, entonces tendrían que darse estas cosas*. Con el esquema argumento-basado-en-modelo se puede “revisitar” un caso histórico usado en las clases de ciencias: la construcción de una explicación para la fiebre puerperal por I.F. Semmelweis en 1847. Tras una serie de observaciones e intervenciones, Semmelweis postula el modelo de las “partículas cadavéricas” adheridas a las manos de los médicos, que permite desplegar las “operaciones epistémicas” canónicas. El modelo *explica* que en las salas atendidas por obstetras hay más prevalencia de la enfermedad que en las salas de matronas, y *predice* que, si los médicos se lavan las manos antes de los exámenes, disminuye la morbilidad. El “despliegue” de explicaciones y predicciones se realiza en los argumentos.

Un argumento que resultó significativo para la época cumple aquí el mismo rol de los nobles centroeuropeos en la unidad de vampiros. Se trata del deceso de un colega de Semmelweis con síntomas de fiebre puerperal. El modelo de envenenamiento de la sangre por una parte “cubre” a las parturientas y al médico, todos expuestos a las partículas cadavéricas: ellas, durante las maniobras de internistas que no se lavaban con cuidado después de otras tareas en el hospital; él, debido a un corte ocasionado por un bisturí durante una autopsia. Por otra parte, el episodio es clave para convencerse de la pertinencia del modelo propuesto para la enfermedad: desvela circunstancias concurrentes más abstractas que las de ser una embarazada internada en una sala del Hospital de Viena.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2014). Revisiting school scientific argumentation from the perspective of the history and philosophy of science, en Matthews, M.R. (ed.). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*, 1443-1472. Dordrecht: Springer.
- BÖTTCHER, F. y MEISERT, A. (2011). Argumentation in science education: A model-based framework. *Science & Education*, 20, 103-140.
- GIERE, R. (1992). *La explicación de la ciencia*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- IZQUIERDO, M. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (2010). *Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 173-184.
- KHINE, M.S. (ed.) (2012). *Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research*. Dordrecht: Springer.
- LAWSON, A.E. (2009). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, 94, 336-364.
- OSBORNE, J.F. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328, 463-466.
- PLANTIN, C. (2014). Lengua, argumentación y aprendizajes escolares. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 95-114.
- SANMARTÍ, N. (ed.) (2003). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62.

